

# Production of a leaf of a parabolic spring used in the car industry

**Publication number:** DE19637968

**Publication date:** 1998-05-28

**Inventor:** ARNDT JOHANNES DIPL ING (DE); LEHMANN GUNTER DR ING (DE); LEHNERT WOLFGANG PROF DR ING (DE)

**Applicant:** TU BERGAKADEMIE FREIBERG (DE)

**Classification:**

**- international:** B23P15/00; C21D8/02; C21D9/02; B21B3/02; B21H7/00; B23P15/00; C21D8/02; C21D9/02; B21B3/02; B21H7/00; (IPC1-7): B23P13/00; B21B3/02; C21D9/02

**- European:** B23P15/00; C21D8/02D2; C21D9/02

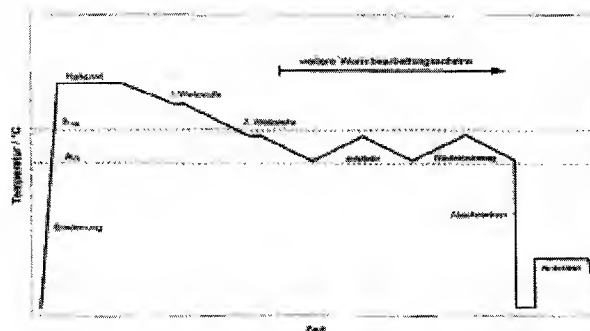
**Application number:** DE19961037968 19960918

**Priority number(s):** DE19961037968 19960918

[Report a data error here](#)

## Abstract of DE19637968

Production of a leaf of a parabolic spring comprises raising original material to an austenising temperature, maintaining at this temperature and rolling to its final dimensions, hardening and tempering. The process includes: (a) heating to an austenisation temperature of 1,100\!100 deg C at a rate of 4-30 deg C/sec.; (b) reducing the temperature to a temperature of 1,050\!100 deg C at the first rolling stage with a rate of 10-30 deg C/sec.; (c) subjecting the blade to preliminary rolling with a variable forming degree of 15-80%; (d) reducing the temperature to a temperature of 880\!30 deg C at the second rolling stage with a rate of 10-30 deg C/sec.; and (e) rolling at the second stage with a constant forming degree between of 15-45%.



Data supplied from the [esp@cenet](#) database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 196 37 968 A 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
B 23 P 13/00  
C 21 D 9/02  
B 21 B 3/02

21 Aktenzeichen: 196 37 968.7  
22 Anmeldetag: 18. 9. 96  
43 Offenlegungstag: 28. 5. 98

DE 196 37 968 A 1

71 Anmelder:  
TU Bergakademie Freiberg, 09599 Freiberg, DE

72 Erfinder:  
Arndt, Johannes, Dipl.-Ing., 52064 Aachen, DE;  
Lehmann, Gunter, Dr.-Ing.habil., 09618  
Brand-Erbisdorf, DE; Lehnert, Wolfgang, Prof.  
Dr.-Ing.habil., 09599 Freiberg, DE

66 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE-AS 19 58 384  
DE 27 16 791 A1  
DD 2 28 567 A1

KOHLMANN, Rainer, u.a.: Thermomechanische  
Behandlung von Stabstahl aus Edelstählen.  
In: Stahl und Eisen 111, 1991, Nr.4, S.125-131;

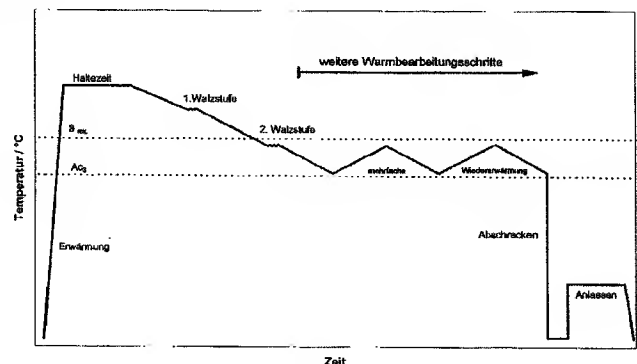
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

Der Inhalt dieser Schrift weicht von dem am Anmeldetag eingereichten Unterlagen ab

54 Verfahren zur Herstellung eines Blattes einer Parabelfeder

- 57 Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Anwendung einer 2stufigen thermomechanischen Behandlung auf die Herstellung von Parabelfedern aus mikrolegiertem Federstahl zu entwickeln. Das erfindungsgemäße Verfahren beinhaltet gemäß Abbildung 1 die Prozessschritte
- Erwärmen des mikrolegierten Ausgangsmaterials auf Austenitisierungstemperatur,
  - Halten des Materials auf dieser Temperatur,
  - Abkühlen auf die Temperatur der 1. Walzstufe,
  - Vorwalzen in der 1. Walzstufe,
  - Abkühlen auf die Temperatur der 2. Walzstufe,
  - Fertigwalzen in der 2. Walzstufe,
  - Durchführen der weiteren Warmbearbeitungsschritte in der Walzhitze, wobei mehrere Zwischenerwärmungen durchgeführt werden,
  - Härten der so hergestellten Feder aus der Walzhitze,
  - Anlassen der Feder.



DE 196 37 968 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur hochtemperaturthermomechanischen Herstellung eines Blattes einer Parabelfeder aus mikrolegiertem Federstahlmaterial.

Die Möglichkeiten einer Steigerung der Dauerfestigkeit von Fahrzeugtragfedern durch Erhöhung der Zugfestigkeit des Werkstoffs sind durch dessen bei hoher Festigkeit stark abfallende Zähigkeit begrenzt. Eine weitere Erhöhung der Zugfestigkeit über diese Grenze führt zum Absinken der Dauerfestigkeit durch Spröbruch.

Es ist bekannt, daß durch die Anwendung einer "Thermomechanischen Behandlung" (TMB) welche in der Literatur häufig als "Thermomechanische Behandlung bei hoher Temperatur" (HTMB) oder "Modified Ausforming" (MAF) bezeichnet wird, die Festigkeit von Stählen ohne Zähigkeitsverlust deutlich gesteigert werden kann [Straßburger, C. Entwicklungen zur Festigkeitssteigerung der Stähle, Verlag Stahleisen, Düsseldorf 1981; Dahl, W., u. a.: Werkstoffkunde Stahl, Verlag Stahleisen, Düsseldorf 1984]. Aus werkstofftechnischer Sicht ist dabei die Vergütung aus der Umformwärme, d. h. aus einem warmverfestigten, nicht rekristallisierten Austenit von zentraler Bedeutung.

Die Anwendung der TMB auf die Blattfedernfertigung aus konventionellen (nicht mikrolegierten) Stählen wird in der Literatur bereits von Böhme [Dissertation, Bergakademie Freiberg 1983] und Takase u. a. [European Patent Specification EP 0431 224B1 (21.2.1996)] beschrieben. Die TMB mit 1-stufiger Temperatur-Umformgrad-Führung erfolgt dabei im Temperaturbereich von 800 bis 900°C, welcher in der Blattfedernfertigung schon seit vielen Jahren Stand der Technik ist. Die für die Erzielung der positiven TMB-Effekte notwendige Vergütung aus einem warmverfestigten Austenitzustand heraus, ist unter den Randbedingungen der Blattfedernherstellung mit diesen Verfahren nicht zu realisieren, da während der Durchführung weiterer Warmbearbeitungsschritte nach dem Auswalzen der Feder (z. B. Zuschneiden, Mittelloch stanzen, Augenanrollen) die Rekristallisation über mehrere Minuten unterdrückt werden muß. Diese bereits 1981 von Hensger [Dissertation B, Bergakademie Freiberg 1981] getroffene Feststellung, wurde jetzt durch die von Peters an Laborproben durchgeführten Grundlagenuntersuchungen erneut bestätigt [Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben AIF 8979, MPI für Eisenforschung, Düsseldorf 1995; steel research 7/96, S. 291 ff.; steel research 10/96, S. 412 ff.].

Peters schlägt auch für Federstähle eine Mikrolegierung und eine 2-stufige TMB mit deutlich erhöhten Austenitisierungstemperaturen, wie sie prinzipiell bei der Herstellung von Halbzeug aus Stahl schon seit einiger Zeit Stand der Technik ist, vor.

Das Problem der Übertragung einer solchen 2-stufigen TMB auf die Fertigung des Bauteils Blattfeder konnte aufgrund einiger blattfederspezifischer Anforderungen bisher nicht gelöst werden:

Eine solche Anforderung ist die Empfindlichkeit der Blattfeder gegen Randentkohlung, wodurch die Anwendung hoher Austenitisierungstemperaturen bisher nicht möglich ist.

Ein weiteres Problem bei der Herstellung einer thermomechanisch behandelten Blattfeder liegt in der heute üblichen Parabelgeometrie, welche beim Auswalzen des Vormaterials zur Feder eine ungleichmäßige Abnahme über die Länge erfordert, wobei die im späteren Betrieb mit dem höchsten Biegemoment beanspruchte Mitte des Federblattes gar nicht umgeformt wird. Ohne Umformung kann jedoch keine Warmverfestigung aufgebracht werden und daraus folgend können die positiven TMB-Effekte nicht erreicht werden.

An den Enden der Feder wird dagegen eine so hohe Formänderung (ca. 60%) aufgebracht, daß es hier auch bei Verwendung von mikrolegiertem Stahl zur Rekristallisation kommt. Daraus resultierend liegt beim Härten auch an den Enden der Feder kein warmverfestigtes Gefüge vor, was dazu führt, daß auch dort keine TMB-Effekte erhalten werden können.

Technische Aufgabe der Erfindung ist es, die Anwendung einer 2-stufigen TMB auf die Herstellung von Parabelfedern aus mikrolegiertem Federstahl durch ein Verfahren zu ermöglichen, welches die beschriebenen Probleme der verstärkten Randentkohlung und des über die Länge der Parabelfeder stark schwankenden Umformgrades nicht aufweist und dadurch die Herstellung einer Feder mit erheblich höherer dynamischer Belastbarkeit ermöglicht.

Das erfindungsgemäße Verfahren basiert auf einer 2-stufigen thermomechanischen Parabelfederherstellung. Es beinhaltet gemäß **Abb. 1** die Prozessschritte

- Erwärmen des mikrolegierten Ausgangsmaterials auf Austenitisierungstemperatur
- Halten des Materials auf dieser Temperatur
- Abkühlen auf die Temperatur der 1. Walzstufe
- Vorwalzen in der 1. Walzstufe
- Abkühlen auf die Temperatur der 2. Walzstufe
- Fertigwalzen in der 2. Walzstufe
- Durchführen der weiteren Warmbearbeitungsschritte in der Walzhitze, wobei mehrere Zwischenerwärmungen durchgeführt werden
- Härten der so hergestellten Feder aus der Walzhitze
- Anlassen der Feder.

Da die positiven Effekte einer Mikrolegierung nur dann vollständig genutzt werden können, wenn ein größerer Anteil der Mikrolegierungselemente im Austenit gelöst wird, muß gemäß **Abb. 2** eine Austenitisierungstemperatur zwischen 1000°C und 1200°C angewendet werden, was zum Problem der verstärkten Randentkohlung führt. Dieses Problem wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das Ausgangsmaterial durch Anwendung einer Schnellerwärmungstechnologie (z. B. induktiv oder konduktiv) stark beschleunigt mit einer Aufheizgeschwindigkeit zwischen 4°C/s und 30°C/s auf Austenitisierungstemperatur gebracht und nach einer kurzen Haltezeit von dieser beschleunigt mit Abkühlgeschwindigkeiten zwischen 10°C/s und 30°C/s auf die Temperatur der 1. Walzstufe und von dort ebenfalls beschleunigt auf die Temperatur der 2. Walzstufe abgekühlt wird. Diese Abkühlung kann z. B. in einem kühlenden Gastrom erfolgen. Insgesamt wird die Zeit, die der Federstahl den hohen Temperaturen ausgesetzt ist, deutlich verkürzt und folglich die zusätzliche Randentkohlung stark verringert.

Das beschriebene Problem des über die Länge des Federblattes stark unterschiedlichen Umformgrades beim Auswalzen der Parabelform wird entsprechend **Abb. 3** und **4** erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß zunächst in einer 1. Walzstufe im Bereich des rekristallisierenden Austenits die Parabelform mit einer über die Länge der Feder unterschiedlichen Formänderung zwischen 15% und 80% aufgebracht wird, wobei die zur Rekristallisation notwendige Mindestumformung an keiner Stelle des Federblattes unterschritten wird. Nachfolgend wird nach beschleunigter Abkühlung auf die Temperatur der 2. Walzstufe, welche im Bereich des nicht rekristallisierenden Austenits liegt, diese Parabelvorform mit einer über die Länge der Feder konstanten Formänderung, welche zwischen 15% und 45% beträgt, auf die Endabmessung gewalzt. Dabei werden unter Last anstellbare Walzen eingesetzt.

Die beschleunigte Abkühlung führt darüber hinaus während der Umformung in der ersten und zweiten Walzstufe zu einer Übersättigung des Austenits an Mikrolegierungselementen, welche nachfolgend zu einer besonders feinen verformungsinduzierten Ausscheidung der Mikrolegierungselemente und damit zu besonders guten Eigenschaften der Feder führt.

Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt erstmals die Anwendung einer 2-stufigen TMB auf die Blattfedernfertigung. Dies ermöglicht die Herstellung von Federn, die gegenüber konventionell hergestellten Federn wesentlich höhere Zeit- und Dauerfestigkeiten aufweisen. Dadurch können die Auslegungsspannungen deutlich erhöht werden, was eine kompaktere Bauweise und eine Verringerung des Fahrzeuigeigengewichtes ermöglicht.

Darüber hinaus werden durch die Fertigung der Feder in einer Wärme sowie die Anwendung von Schnellerwärmungs- und Schnellabkühltechnologien die Voraussetzungen für eine Konti-Fertigung mit höchster Produktivität geschaffen.

Die Erfindung soll nachfolgend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden.

1) Erwärmung des Ausgangsmaterials:

Das Ausgangsmaterial aus mikrolegiertem Federstahl wird konduktiv mit einer Aufheizgeschwindigkeit von 25°C/s auf eine Austenitisierungstemperatur von 1200°C erwärmt.

2) Haltezeit:

Das Material wird 5 Minuten auf Austenitisierungstemperatur gehalten.

3) Beschleunigte Abkühlung:

Das Material wird in einem Inertgasstrom mit einer Abkühlgeschwindigkeit von 20°C/s von der Austenitisierungstemperatur auf eine Vorwalztemperatur von 1100°C abgekühlt.

4) 1. Walzstufe:

Bei einer Temperatur von 1100°C wird durch Verwendung von unter Last anstellbaren Walzen die Parabelvorform ausgewalzt, wobei die Mitte des Federblattes gemäß Abb. 4 eine Formänderung von 25% erfährt und die Enden des Federblattes mit einer Formänderung von 60% umgeformt werden.

5) Beschleunigte Abkühlung:

Die Parabelvorform wird in einem Inertgasstrom mit einer Abkühlgeschwindigkeit von 20°C/s auf eine Fertigwalztemperatur von 880°C abgekühlt.

6) 2. Walzstufe:

Bei einer Temperatur von 880°C wird mit unter Last anstellbaren Walzen die Parabelvorform gemäß Abb. 4 auf den Endquerschnitt gewalzt, wobei auf der gesamten Federblattlänge eine Formänderung von 25% eingebracht wird.

7) Weitere Warmbearbeitungsschritte:

Im Temperaturbereich zwischen 750°C und 850°C werden die weiteren Warmbearbeitungsschritte (Zuschneiden der Enden, Augenanrollen, Mittelloch stanzen, Ausbiegen der Feder) durchgeführt, wobei das Federblatt mehrfach zwischenerwärmt wird.

8) Vergüten der Feder:

Die wie beschrieben hergestellte Feder wird aus der Umformwärme in Öl abgeschreckt und nachfolgend gemäß der gewünschten Festigkeit angelassen.

Bei bauteilnahen Proben, die erfindungsgemäß hergestellt und nachfolgend gesetzt und spannungsgestrahlt wurden, ergaben dynamische Tests eine um 30% erhöhte Dauerfestigkeit gegenüber Proben, die nach dem heutigen Stand der

Technik hergestellt wurden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Blattes einer Parabelfeder, bei dem

- das mikrolegierte Ausgangsmaterial auf Austenitisierungstemperatur erwärmt wird,
- das Material kurzzeitig auf Austenitisierungstemperatur gehalten wird,
- das Material auf die Endabmessung gewalzt wird,
- weitere Warmbearbeitungsschritte, wie Endenzuschneiden, Augenanrollen, Mittelloch stanzen, Federausbiegen durchgeführt werden,
- die nach vorbeschriebenen Verfahrensschritten hergestellte Feder aus der Walzhitze in einem geeigneten Medium gehärtet wird und
- die Feder angelassen wird,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

- a) das Ausgangsmaterial mit einer Aufheizgeschwindigkeit zwischen 4°C/s und 30°C/s auf Austenitisierungstemperatur angewärmt wird,
- b) die Austenitisierungstemperatur 1100°C ± 100°C beträgt,
- c) das Material von der Austenitisierungstemperatur auf die Temperatur der 1. Walzstufe mit einer Abkühlgeschwindigkeit zwischen 10°C/s und 30°C/s abgekühlt wird,
- d) zunächst in der 1. Walzstufe bei einer Temperatur von 1050°C ± 100°C mit einer über die Länge des Federblattes nicht konstanten Formänderung zwischen 15% und 80% in einem oder in mehreren Stichen vorgewalzt wird,
- e) von der Temperatur der 1. Walzstufe auf die Temperatur der 2. Walzstufe mit einer Abkühlgeschwindigkeit zwischen 10°C/s und 30°C/s abgekühlt wird und
- f) in der 2. Walzstufe bei einer Temperatur von 880°C ± 30°C mit einer über die Länge des Federblattes konstanten Formänderung zwischen 15% und 45% in einem oder in mehreren Stichen mit unter Last anstellbaren Walzen fertiggewalzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abkühlung des Federstahls von der Austenitisierungstemperatur auf die Temperatur der 1. Walzstufe und von dort auf die Temperatur der 2. Walzstufe ohne beschleunigende Maßnahmen an ruhender Luft erfolgt.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

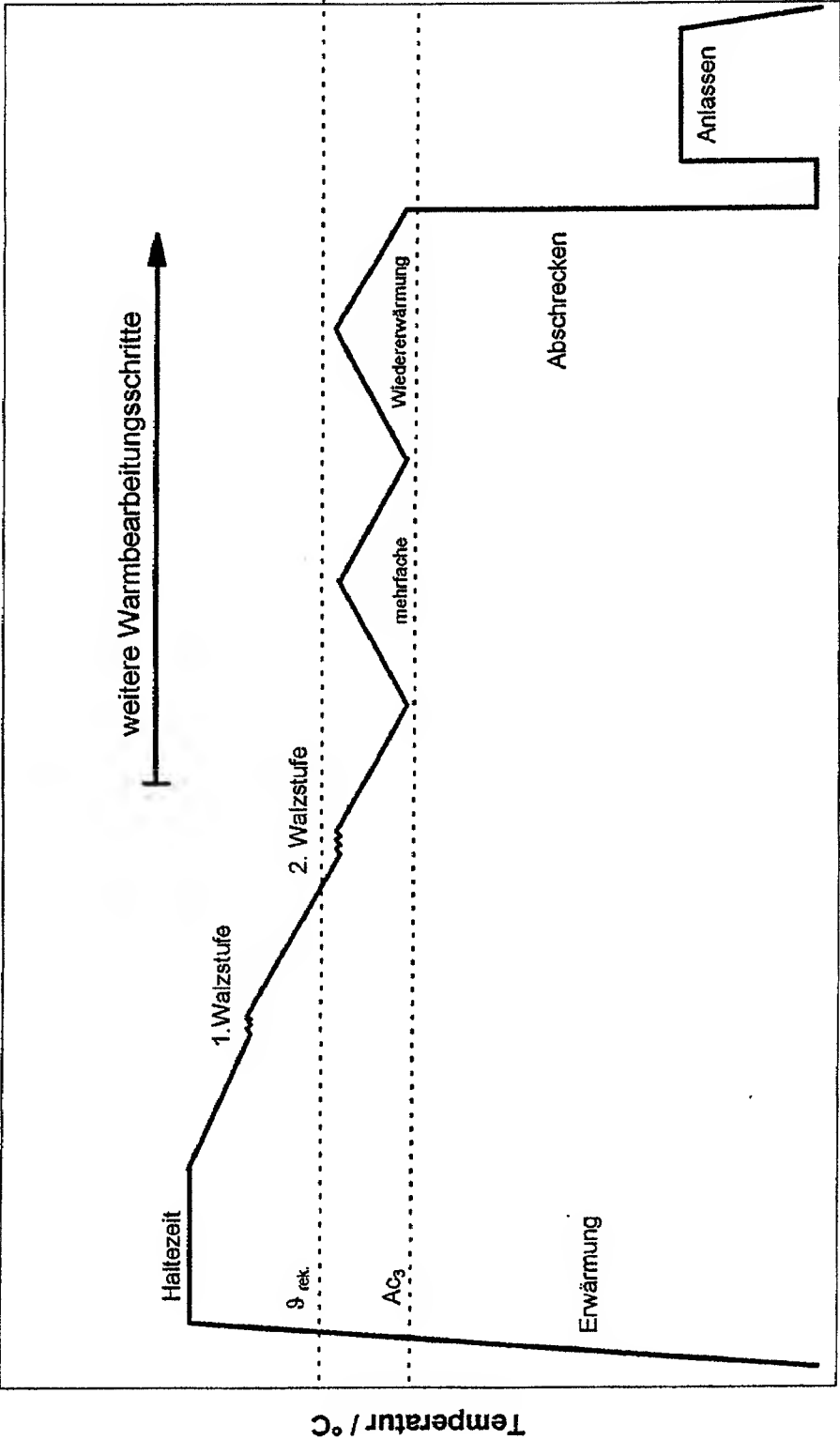
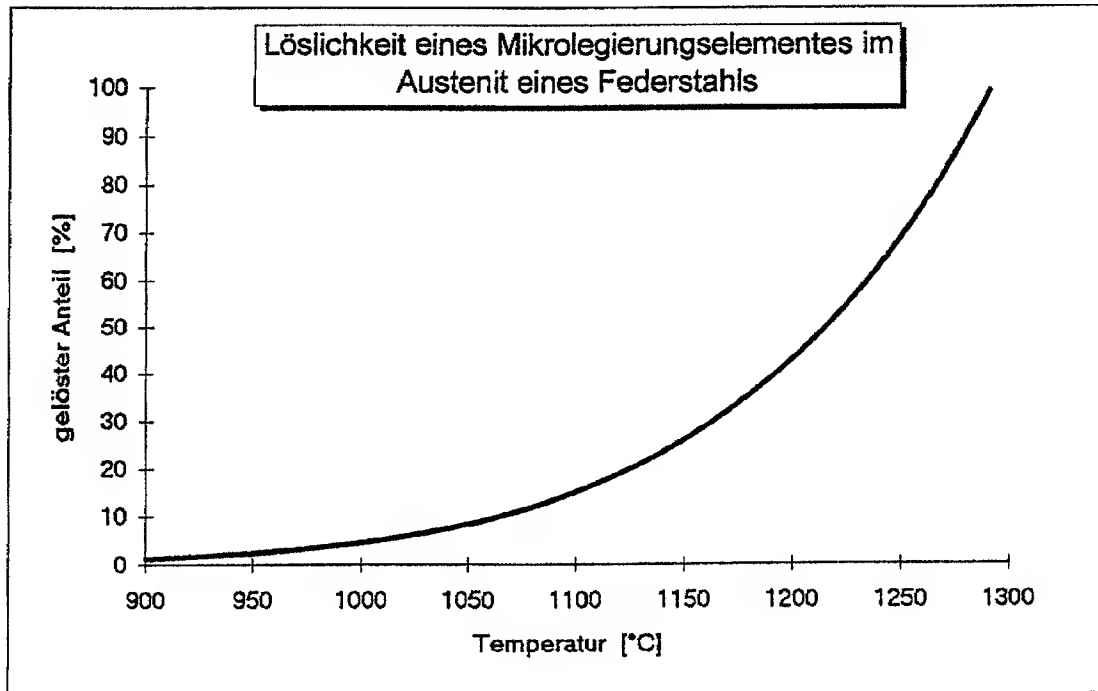
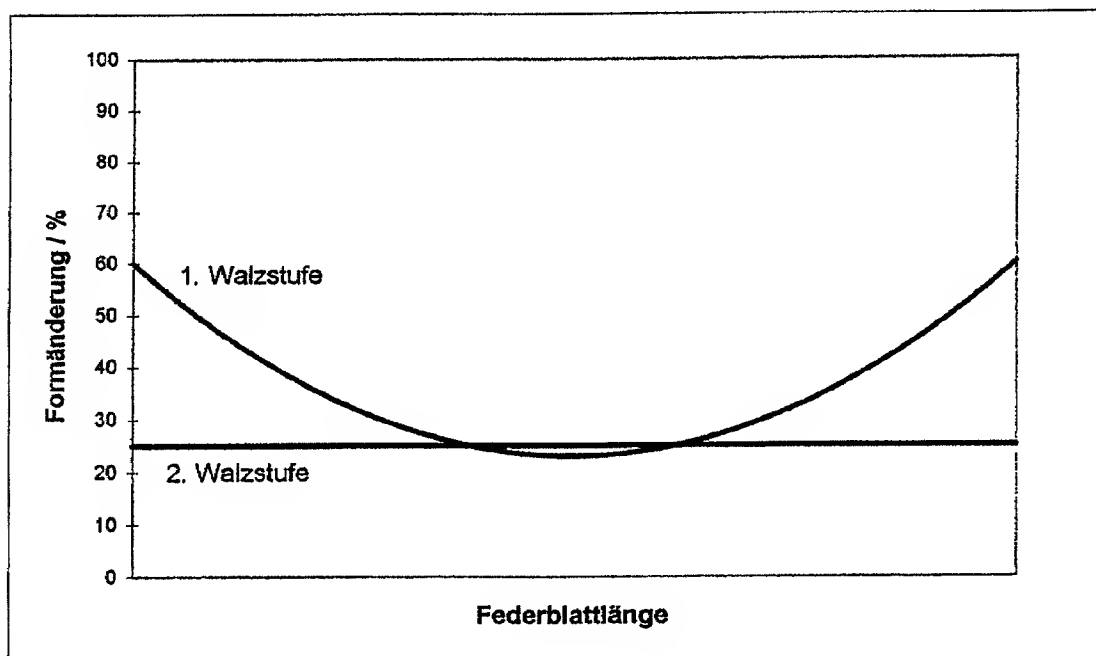
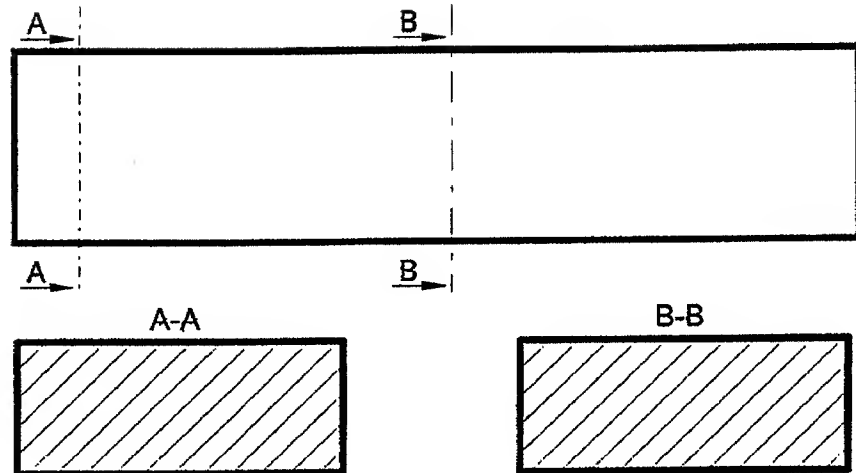


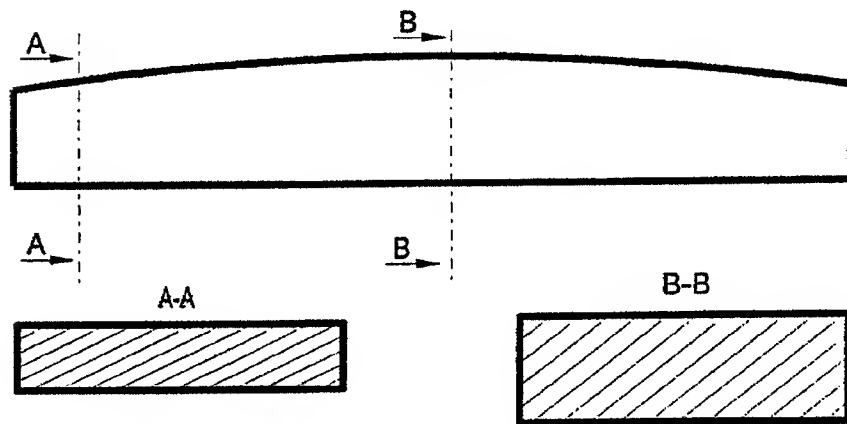
Abb. 1

**Abb. 2****Abb. 3**

**Ausgangs-  
material**  
(Querschnitt)



**1. Walzstufe**

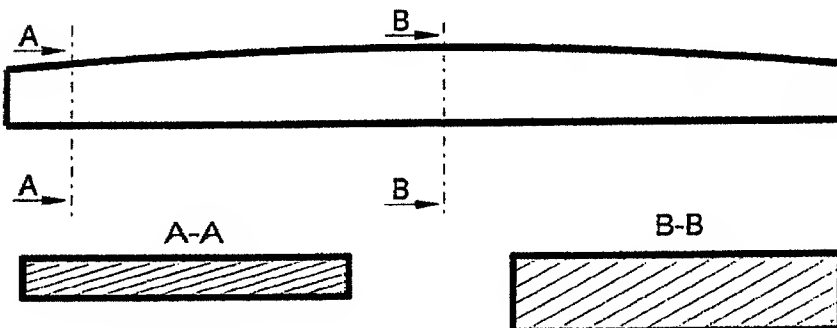


Formänderung z.B.:

60%

25%

**2. Walzstufe**



Formänderung z.B.:

25%

25%

**Abb. 4**